

[Patentanmeldung]

[Bezeichnung der Erfindung]

**Intraokulare Linseneinrichtung zur Verbesserung des Sehvermögens bei Netzhauterkrankungen**

5

[Beschreibung]

[Stand der Technik]

Die Erfindung betrifft eine intraokulare Linseneinrichtung, die zur Verbesserung des Sehvermögens bei Netzhaut- und insbesondere Makulaerkrankungen dient.

10 Häufige Ursachen für Sehbeeinträchtigungen beim Menschen sind krankhafte Veränderungen des Augenhintergrundes (Netzhaut, Aderhaut und Lederhaut). Diese Veränderungen können zur Herabsetzung der Netzhautfunktion führen. Die Aufgabe der Netzhaut ist die neurosensorische Bearbeitung und Weiterlei-

15 tung des einfallenden Lichtreizes. An den pathologisch veränderten Netzhautarealen ist das Sehen beeinträchtigt bis unmöglich, so dass es an diesen Stellen zu Gesichtsfeldausfällen kommen kann.

Das normale Auge fokussiert mit Hilfe der brechenden Medien

20 (Hornhaut und Linse) parallel einfallende Lichtstrahlen in die Makula. Die Makula ist ein Netzhautareal am hinteren Pol des Auges mit der höchsten optischen Auflösung. Bei krankhafter Veränderung der Makula kann es zu einer erheblichen Herabsetzung des Sehvermögens kommen. Die betroffenen Perso-

25 nen können keine üblichen Tätigkeiten wie Lesen oder Fahren ausführen, da die Lichtstrahlen durch die natürliche biologische Linse auf die krankhaft veränderte Makula projiziert werden. Dadurch ist es für die Patienten unmöglich ein fixiertes Objekt zu erkennen. In den meisten Krankheitsfällen

ist nicht die gesamte Netzhaut bzw. Makula beschädigt, sondern weist noch gesunde Bereiche auf. Deshalb könnte das Sehen durch Ablenkung der Lichtstrahlen auf diese gesunden Netzhautstellen mit Hilfe einer intraokularen Linseneinrichtung erheblich verbessert werden.

Es sind bisher mehrere intraokulare Linseneinrichtungen bekannt, die zur Verbesserung des Sehvermögens bei Makulaerkrankungen vorgesehen sind.

Die US-amerikanische Patentschrift US-A-4581031 beschreibt eine intraokulare Linseneinrichtung zur Verbesserung der Sicht bei Patienten mit Verlust des zentralen Gesichtsfeldes. Dort handelt es sich um eine Linseneinrichtung zum Verschieben von Netzhautbildern mittels eines prismatischen Keils zu einem funktionierenden Teil der Netzhaut. In der Patentschrift EP 0897293 B1 wurde diese Erfindung verbessert, indem ein Paar von intraokulären Linsen verwendet wird, welche das Sehen von Zielen in verschiedenen Entfernungen ermöglichen. Zur Verschiebung des Brennpunktes auf der Netzhaut wurde ebenfalls ein prismatischer Keil verwendet, der aus einem Material mit einem hohen Brechungsindex im Bereich von 1,5-1,6 besteht.

Die Offenlegungsschrift DE 19751503 A1 zeigt eine prismatische intraokulare Linse, die zum Ersatz der menschlichen Linse im Auge mit integriertem konzentrischen Prisma zur Verbesserung des Sehvermögens nach Kataraktoperationen bei Patienten mit Erkrankungen der zentralen Netzhautgebiete (z.B. der Makula) eingesetzt werden kann. Da die Vorrichtungen ins Auge eingeführt werden, muss gewährleistet werden, dass sie nicht verrutschen. Dies wird nach dem Stand der Technik mittels Halterungsteilen (Haptiken) erreicht. Man kann aber auch andere Fixierungsvorrichtungen verwenden, die das Verrutschen verhindern.

Die vorgenannten Vorrichtungen aus dem Stand der Technik weisen folgende Nachteile auf:

1. Die Vorrichtungen aus US-A-4581031, DE 19751503 A1 und EP 0897293 B1 müssen voluminös sowie starr und damit schwer ausgelegt sein, um eine optische Korrektur-Wirkung in Form einer Verschiebung des Brennpunktes zu bewirken. Zudem müssen  
5 für eine ausreichende Verschiebung des Brennpunktes Materialien mit relativ hohen Brechungsindizes verwendet werden (nach dem Stand der Technik etwa 1,5 bis 1,6).

2. Das Sehvermögen wird durch die Defokussierung (DE 19751503 A1) nur zu einem sehr geringen Teil wiederhergestellt. Die  
10 kreisförmige Brennzone führt lediglich zu einer Aufhellung des Gesichtsfeldes.

Damit sind diese Vorrichtungen nur bei einer kleinen Anzahl von Patienten anwendbar und führen bei diesen Patienten zu nur mäßiger optischer Verbesserung bei sehr schlechtem Trage-  
15 komfort.

#### **[Aufgabe der Erfindung]**

Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Linseneinrichtung zu schaffen, die eine kleinere Gesamtgröße aufweist und das Sehvermögen des erkrankten Menschen höchstmöglich verbessert,  
20 wozu die Linseneinrichtung möglichst weit an das Krankheitsbild anpassbar sein sollte.

Durch die gewünschte Größenreduktion können operationsbedingte Komplikationen bedeutend verringert und die Genesungszeit der Patienten verkürzt werden, da der Chirurg einen kürzeren  
25 Schnitt zum Einführen der Linse in das Auge benötigt. Insbesondere durch die Faltbarkeit der intraokulären Optik kann die Schnittlänge nochmals verringert werden.

Die gestellte Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Linseneinrichtung nach Anspruch 1 gelöst. Fig. 1 zeigt die entwickelte  
30 Einrichtung in einem ersten Ausführungsbeispiel.

Bei der Lösung dieser Aufgabe sind zwei Einflußgrößen mit gegenläufigen Auswirkungen zu berücksichtigen.

Einerseits muss die Dicke der Einrichtung minimiert werden, um sich an die Geometrie des Auges anpassen zu können; andererseits soll sie eine bestimmte Dicke aufweisen, um ein Bild zu einem gesunden Bereich auf der Netzhaut verschieben zu können.

Das Hauptprinzip der vorliegenden Erfindung besteht darin, dass zur Verschiebung des Brennpunktes -der von einem oder mehreren konvexen Teilen der Linseneinrichtung erzeugt wird- von einem funktionsbeeinträchtigten Bereich der Netzhaut zu einem funktionsfähigen Bereich, mehrere keilförmige Ausnehmungen in der Linseneinrichtung vorgesehen sind, wobei die keilförmigen Ausnehmungen geneigte Flächen aufweisen, die die Verschiebung eines oder mehrerer Brennpunkte bewirken.

Der Neigungswinkel der geneigten Flächen muss dabei nicht für alle geneigten Flächen der Ausnehmungen gleich sein.

Überraschenderweise wurde gefunden, dass eine deutliche Reduktion der Dicke der Linseneinrichtung dadurch erzielbar ist, dass mehrere keilförmige Ausnehmungen z.B. auf der Rückseite, d.h. der Netzhaut zugewandten Seite vorgesehen sind, z.B. in Form eines Fresnel-Prismas, wobei gleichzeitig eine ausreichende Verschiebung des Brennpunktes einstellbar bleibt.

Die unten aufgeführte Tabelle zeigt für bestimmte Brechungsindizes von möglichen Materialien (Spalte 1) den benötigten Prismenwinkel (Spalte 2) und vergleicht dann die zusätzliche Dicke, die eine Linsenvorrichtung aus dem Stand der Technik zu einer intraokularen Linse hinzufügt mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung (Spalten 3 und 4). Die zusätzliche Dicke, die z.B. durch eine Fresnel-Linse verursacht wird, ist um einen Faktor  $N$  ( $N$  ist die Anzahl der Perioden) kleiner. Ist z.B.  $N = 10$ , dann wird die erfindungsgemäße Vorrichtung um einen Faktor 10 dünner. Die Linsenvorrichtung aus dem Stand

der Technik ist plan-konvex, typischerweise 6 mm Durchmesser, und hat den Brennpunkt im Abstand  $a$ .

Brechungsindex $n_1$ des optischen Materials	Prismenwinkel $\varepsilon$ für eine Verschiebung von 1,0 mm (in Grad)	Zusätzliche Dicke bei einer aus dem Stand der Technik bekannten intraokularen Linse mit einem Durchmessers von 6,0 mm für ein gewöhnliches Prisma (in mm)	Zusätzliche Dicke einer Fresnel-Linse mit 10 Perioden (in mm)
1,45	34,0	3,4	0,34
1,50	25,3	2,6	0,26
1,55	20,0	2,0	0,20
1,60	16,4	1,7	0,17

Der benötigte Prismenwinkel kann mittels der folgenden Formel berechnet werden (Es gibt natürlich auch andere Formeln bzw. Approximationen):

$$\arcsin\left(\frac{d}{a}\right) = \arcsin\left(\frac{n_1}{n_2} \sin \varepsilon\right) - \varepsilon,$$

wobei

- $\varepsilon$ : Prismatischer Winkel (36)
- 10  $d$ : Abstand von der Makula (22) zu dem gewünschten gesunden Punkt auf der Netzhaut (46)
- $a$ : Abstand von der Makula (22) zur hinteren Ebene der intraokularen Linse (30)
- $n_1$ : Brechungsindex des intraokularen Linsenmaterials
- 15  $n_2$ : Brechungsindex des Kammerwassers/Glaskörpers (typischerweise 1,336).

In obiger Tabelle wurde die Formel numerisch gelöst. Als weitere typische Parameter wurden verwendet:  $d = 1,0$  mm;  $a = 17,0$  mm und  $n_2 = 1,336$ .

- 20 Die Dicke der intraokularen Linseneinrichtung wird durch die Auswahl bestimmter Materialien mit spezifischen Brechungs-

dizes kontrolliert, wobei der für eine bestimmte Bildverschiebung erforderliche Winkel z.B. der Fresnel-Prismen oder der keilförmigen Ausnehmungen kleiner ist, wenn der Brechungsindex höher ist.

- 5 Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Einrichtung besteht darin, dass diese in einem Ausführungsbeispiel einstückig ausgebildet ist, wobei die Einrichtungen aus dem Stand der Technik mehrstückig ausgeführt sind, was zu Problemen bei der Implantierung und der Verträglichkeit der körperfremden
- 10 Linseneinrichtungen führen kann, da mehrstückige Linseneinrichtungen meist nicht die zur Implantation gewünschte Faltbarkeit (große Operationswunde (Skleratunnel-Schnitt) nötig) und die gewünschte Verträglichkeit aufweisen.

- Die Implantationsorte der intraokularen Linseneinrichtung
- 15 können verschiedene Bereiche des Auges (Vorderkammer, Hinterkammer oder Kapsel der natürlichen Linse) sein. Je nach Implantationsort sind die Halterungsvorrichtungen entsprechend nach dem Stand der Technik anzupassen.

## 20 [Beispiele]

Ausführungsbeispiele sind in den Zeichnungen 1 bis 8 und der weiteren Beschreibung dargestellt:

- Fig.1 stellt das Auge des Menschen in Schnittansicht mit der erfindungsgemäßen Linseneinrichtung (30) in der ersten
- 25 Ausführungsform dar.
- Fig.2 stellt eine Detailansicht von Fig. 1 dar, umfassend ferner eine Schutzschicht (34).
- Fig.3 stellt ein Ausführungsbeispiel mit einem glatten Segment auf der zur Makula (22) gewandten Seite der Einrichtung
- 30 dar.
- Fig.4 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel mit zwei unterschiedlichen Neigungswinkeln (36, 37).

- Fig.5 zeigt ein besonders bevorzugtes Ausführungsbeispiel, bei dem als konvexer Teil der Linseneinrichtung die Segmente einer Fresnel-Linse (48) im vorderen Teil der Linseneinrichtung und die keilförmigen Ausnehmungen (32) im hinteren, der Makula zugeordneten Teil, der Linseneinrichtung vorgesehen ist. Die Linseneinrichtung wird durch die dicken durchgezogenen Linien dargestellt.
- Fig.6 und 7 zeigen eine weitere vorteilhafte Ausführungsform, bei der die Linseneinrichtung durch eine Wand in zwei getrennte Kammern unterteilt ist.
  - Die erste Kammer, d.h. der vordere Teil der Linseneinrichtung ist aus elastischem transparentem Material ausgelegt, so dass die Krümmung und damit die Brennweite des konvexen Teils variierbar ist.
  - Die zweite Kammer ist so ausgebildet, dass der transparente Träger der keilförmigen Ausnehmungen gegen diese drehbar angeordnet ist, wobei die Drehung gegen die Vorspannung eines elastischen Elementes erfolgt. Somit kann die Neigung der schrägen Flächen der Ausnehmungen variiert werden. Die Drehung kann durch einen eigenen Antrieb direkt im Drehelement (49) erfolgen oder durch Zuführung eines transparenten Fluides (68) in die zweite Kammer erfolgen, so dass durch den erhöhten Innendruck in der Kammer oder einer darin angebrachten Hülle, Druck auf das drehbare Trägerelement der Ausnehmungen ausgeübt wird.
  - Fig.8 zeigt einen Ausschnitt einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform, bei der die keilförmigen Ausnehmungen jeweils eine drehbare, bewegliche, transparente und geneigte Fläche aufweisen. Jeder dieser drehbaren geneigten Flächen ist ein elastisches Element zugeordnet, welches gegen die Drehung vorgespannt ist.

Fig. 1 zeigt ein menschliches Auge im Schnittbild (10) mit der erfindungsgemäßen Linseneinrichtung (30). Parallel zur

Symmetrieachse (42) der Linseneinrichtung einfallendes Licht (40) wird durch den vorderen konvexen Teil der Linseneinrichtung in einem Brennpunkt gebündelt und durch die geneigten Flächen der keilförmigen Ausnehmungen (32) in einen neuen  
5 Brennpunkt (46) auf die gesunde Netzhaut (20) bzw. Makula (22) verschoben.

Fig. 2 zeigt die Einrichtung gemäß Fig. 1 jedoch mit einer Schutzschicht (34) zur Vermeidung

10 a) der Ablagerung von Partikeln oder Zellen in den Ausnehmungen (32)

b) von Reflexionen an der Linseneinrichtung nach Durchtritt durch diese und damit von Streulichteinfällen der Linseneinrichtung auf die Netzhaut, wozu die Schutzschicht (34) mit Antireflexionsmitteln versehen ist.

15 Dies erleichtert auch die Nachstar-Behandlung mit Hilfe von chirurgischen und/oder lasertechnischen Methoden. Deutlich zu erkennen ist der normale und der modifizierte Strahlengang (43,44). In diesem Beispiel weisen alle Ausnehmungen (32) geneigte Flächen mit dem gleichen Winkel (36) auf. Auf der  
20 von der Netzhaut abgewandten Seite ist ein UV-Schutz-Film oder Schicht (38) aufgetragen, da neueste Forschungsergebnisse gezeigt haben, dass die Eintrübung der Linse offenbar nicht nur krankhaft ist, sondern auch einen Schutz der dahinter gelegenen Netzhaut vor UV-Strahlung darstellt.

25 Fig. 3 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel, bei dem im Bereich der optischen Symmetrieachse keine Ausnehmungen (32) vorgesehen sind, um die zentralen Lichtstrahlen ungehindert durchzulassen.

Fig. 4 zeigt das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 3, jedoch mit  
30 verschiedenen Neigungswinkeln (36, 37). Somit können verschiedene Bildteile verschieden stark verschoben werden.



Fig. 5 zeigt eine bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Linseneinrichtung (30), bei der an Stelle eines einseitig zumindest teilweise konvexen Linsen-Teils (33), mehrere konzentrische konvexe Segmente (48) einer Fresnel-  
5 Linse vorgesehen sind und die keilförmigen Ausnehmungen auf der gegenüberliegenden, der Makula (22) zugewandten Seite angebracht sind (Die Periode der Fresnel-Linse und der Prismen kann dabei unterschiedlich voneinander sein).

Gegenüber einer durchgängigen, einseitig konvexen Linse oder  
10 Teilen davon kann so nochmals die Dicke der Linseneinrichtung reduziert werden.

Eine besonders bevorzugte Ausführungsform (nicht dargestellt) ist dadurch erzielbar, dass die der Makula zugewandte Seite der Linseneinrichtung eben ausgeführt ist und die andere  
15 Seite solche geformte Segmente aufweist, wie sie sich ergeben, wenn man zu den konzentrischen konvexen Segmenten (48) einer Fresnel-Linse die angeschrägten Keile der Prismeneinrichtung hinzuaddiert, und somit die Linsenwirkung und die Verschiebung des Brennpunktes in einem Fresnel-Element kombini-  
20 niert. Diese vordere Seite ist in Fig. 5 dargestellt. Dadurch lässt sich die Dicke der Linseneinrichtung noch weiter reduzieren. Aus Fertigungsgründen ist es bei dieser Ausführungsform jedoch vorteilhaft, die Einrichtung zu verstärken und die Ausnehmungen der kombinierten Fresnel-Elemente aus einem  
25 ausreichend dicken Materialblock zu entnehmen.

Fig. 6 zeigt eine ganz besonders bevorzugte Ausführungsform, in der im vorderen Teil der Linseneinrichtung, als Teil einer vorderen Kammer (54) ein in der Krümmung veränderbares konvexes Linsenelement vorgesehen ist. Dieses Linsenelement kann  
30 z.B. im Falle der Vorsehung von Pumpmitteln an der Linseneinrichtung, durch Zuführung oder Entnahme von z.B. Kammerflüssigkeit oder einer auf den Brechungsindex des Hüllenmaterials und/oder der Kammerflüssigkeit abgestimmten Flüssigkeit, oder

durch Volumenveränderungsmittel in der Krümmung verändert werden.

Fig. 7 zeigt eine weitere ganz besonders bevorzugte Ausführungsform, bei der eine zweite, hintere Kammer (55), von der ersten (54) durch eine Wandung (56) getrennt vorgesehen ist. In dieser kann gemäß Fig. 7 eine elastische transparente Hülle (53) vorgesehen werden. Einen Teil dieser zweiten Kammer bildet ein transparentes Trägerelement (67) für mehrere keilförmige Ausnehmungen (32), welches gegen den ersten vorderen Linsenteil oder die vordere Kammer (54) durch ein Drehelement (49) drehbar gelagert ausgeführt ist. Ein elastisches Element ist mit dem Trägerelement (67) verbunden und gegen die Drehung des Elementes (67) vom restlichen Teil der hinteren Kammer (55) vorgespannt. Dabei ist zu vermeiden, dass die senkrechten Flächenstücke der Keile aus der parallelen Stellung zur optischen Achse herausrotiert werden, so dass diese nicht am „optischen Strahlengang“ teilnehmen können.

Durch Zuführung oder Entnahme von z.B. Kammerflüssigkeit oder einer auf den Brechungsindex des Hüllenmaterials und/oder der Kammerflüssigkeit abgestimmten Flüssigkeit, z.B. durch die gleichen oder die selben Pumpmittel wie für die erste vordere Hülle, kann so das hintere Trägerelement, durch Volumenzunahme in einer in der Kammer (55) vorgesehenen elastischen Hülle (53), in der Neigung gegen die optische Achse veränderbar ausgeführt werden, so dass die veränderbare Neigung der keilförmigen Ausnehmungen (32) zu einer größeren oder kleineren Verschiebung des Brennpunktes führt.

Fig. 8 zeigt einen Teil einer weiteren Ausführungsform bei der in der zweiten, hinteren Kammer (55) keine elastische Hülle vorgesehen ist. Den keilförmigen Ausnehmungen ist jeweils eine bewegliche transparente und geneigte Fläche zugeordnet, welche durch Drehelemente (49) drehbar gelagert ist. Jeder dieser beweglichen geneigten Flächen ist ein elastisches Element (50) zugeordnet. Die Drehung der bewegli-

chen, geneigten Flächen erfolgt hierbei in dem Fall, dass durch die zugeordneten Pumpmittel der Innendruck der hinteren Kammer (55) erhöht wird. Gegenüber dem Ausführungsbeispiel in Fig. 7 ist hierbei vorteilhaft, dass eine Kompensation der  
5 Drehung der -im ungedrehten Zustand, waagerechten- Stücke, welche parallel zur optischen Achse verlaufen, nicht kompensiert werden muss.

Als Pumpmittel können z.B. nanostrukturierte Mittel eingesetzt werden, die das Phänomen der akustischen Oberflächenwellen, ggf. unterstützt durch Adhäsionskräfte ausnutzen.  
10 Solche Pumpmittel sind zur Zeit (Mai 2003) z.B. bei der Firma Advalytix AG in 85649 BRUNNTHAL erhältlich. Besonders vorteilhaft ist es hierbei solche Pumpmittel einzusetzen, deren Leistungsaufnahme ein Maß für den im Augeninneren herrschenden Druck darstellen. So könnte der Augeninnendruck über die  
15 Messung der Pumpleistung der Pumpmittel von aussen gemessen werden.

Als Energieversorgungsmittel für die Volumenveränderungs- oder Pump-Mittel können implantierte Batterien oder Empfänger  
20 und/oder Wandler für die Energiezufuhr von außerhalb des Körpers des Patienten, z.B. durch elektro- und/oder magnetische Felder vorgesehen werden. Als Medien zur Volumenveränderung kann neben der im Augapfel befindlichen Kammerflüssigkeit ein transparentes Medium, z.B. auch nicht flüssiges  
25 Medium eingesetzt werden, welches in seiner Brechzahl an die Brechzahl der Kammerwandungen und/oder elastischen Hülle (53) angepasst ist.

Wie dem Fachmann sofort ersichtlich ist, können an Stellen ohne keilförmige Ausnehmungen oder konvexen Linsenteilen oder  
30 Segmenten einer Fresnel-Linse, aber auch in Kombination mit diesen, weitere optische Mittel, wie z.B. Linsen zur Nahfeldkorrektur vorgesehen sein. Weitere optische Mittel können natürlich -aufgrund der erfindungsgemäß gewonnenen Reduktion der Dicke der Linseneinrichtung- im Strahlengang vor oder

hinter der erfindungsgemäßen Linseneinrichtung angeordnet werden. Zudem kann die Fresnel-Linse selbst aufgrund ihres flexiblen Designs Zonen unterschiedlicher sphärischer oder auch nicht-sphärischer Krümmung aufweisen, um zusätzliche  
5 optische Effekte zu erzielen, z.B. zur Realisierung einer multifokalen Wirkung für gleichzeitiges Nah- und Weitsehen.

**[Bezugszeichenliste]**

- 10    10    Auge
- 12    Hornhaut
- 14    Iris
- 5    16    Sulcus ciliaris
- 20    Netzhaut (Retina)
- 22    Makula
- 24    Glaskörper
- 10   26    Sehnerv
- 30    Linseneinrichtung oder intraokulare Linse
- 31    Haptik-Haken (Halterungsteile)
- 32    keilförmige Ausnehmungen
- 15   33    konvexer Linsenteil einer Standardlinse
- 34    Schutzschicht
- 36    Prismenwinkel
- 37    zweiter Prismenwinkel
- 38    UV-Schutz-Film
- 20   40    einfallendes Licht
- 42    Symmetrieachse der intraokularen Linse
- 43    normaler Strahlengang im Auge
- 44    fokussierter und abgelenkter Lichtstrahl
- 25   46    neuer, verschobener Brennpunkt auf der gesunden Netzhaut
- 48    Segmente einer Fresnel-Linse
- 49    Drehelement
- 50    elastisches Element
- 30   51    Volumenänderungsmittel
- 52    Pumpmittel
- 53    elastische, transparente Hülle
- 54    erste, vordere Kammer
- 55    zweite, hintere Kammer
- 35   56    Wandung
- 66    elastischer, konvexer Linsenteil
- 67    Trägerelement für Ausnehmungen (32)
- 68    transparentes Fluid
- 40   69    Zu-, Abfuhrkanäle

**[Patentansprüche]**

1. Linseneinrichtung zur Behandlung von Sehbeeinträchtigungen umfassend ein Fixierungselement zum Befestigen dieser  
5 im Auge, dadurch gekennzeichnet, dass diese mindestens ein konvexes Linsenelement und mehrere keilförmige Ausnehmungen (32) aufweist.
2. Linseneinrichtung nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet,  
10 dass die konvexen Linsenelemente als Segmente einer Fresnel-Linse (48) ausgeführt sind.
3. Linseneinrichtung nach Anspruch 1 bis 2 dadurch gekennzeichnet,  
15 dass die keilförmigen Ausnehmungen (32) unterschiedliche Winkel (36, 37) aufweisen.
4. Linseneinrichtung nach Anspruch 1 bis 3 dadurch gekennzeichnet,  
20 dass die Rückseite eine Beschichtung oder Schutzschicht (34) als Auffüllung der Ausnehmungen aufweist, wobei die Schutzschicht (34) Antireflexionsmittel aufweist, welche die Reflexion von Licht an den Begrenzungen der Linseneinrichtung nach Durchtritt durch die Linseneinrichtung verhindert.
- 25 5. Linseneinrichtung nach Anspruch 1 bis 4 dadurch gekennzeichnet,  
dass die Beschichtung (34) und/oder das Material der Einrichtung einen Brechungsindex gleich dem der Kammerflüssigkeit aufweist.
- 30 6. Linseneinrichtung nach Anspruch 1 bis 5 dadurch gekennzeichnet,  
dass die Linseneinrichtung eine vordere und eine hintere Kammer (54, 55) aufweist, welche durch eine ebenfalls transparente Wandung (56) getrennt sind, wobei die von der Netzhaut abgewandte vordere Kammer mindestens  
35 ein konvexes, elastisches Element aufweist, so dass durch

Einstellung der Krümmung dieses Elementes die Brennweite dieses Elementes variierbar ausgeführt ist.

7. Linseneinrichtung nach Anspruch 6 dadurch gekennzeichnet,  
5 dass die Linseneinrichtung in der hinteren, der Netzhaut zugewandten Kammer eine transparente elastische Hülle (53) aufweist und die hintere Kammer ein Trägerelement (67) für die Ausnehmungen (32) aufweist, welches gegen den Rest der hinteren Kammer drehbar gelagert ausgeführt ist, so dass der Neigungswinkel der geneigten Flächen der  
10 Ausnehmungen (32) verstellbar ist.
8. Linseneinrichtung nach Anspruch 7 dadurch gekennzeichnet,  
dass das Trägerelement mit einem gegen die Drehung vorgespannten elastischen Element (50) verbunden ist.
9. Linseneinrichtung nach Anspruch 6 bis 8 dadurch gekennzeichnet,  
15 dass jede Kammer (54, 55) mit einem Zu- und Abfuhrkanal (70) verbunden ist, welchem jeweils direkt oder vermittelt über ein Ventil oder mehrere Ventile mindestens ein Pump- oder Volumenveränderungsmittel (51, 52) zugeordnet ist, so dass bei Aktivierung der Pump- oder  
20 Volumenveränderungsmittel entweder das elastische, konvexe Element der vorderen Kammer (54) und/oder die elastische Hülle (53) eine Formveränderung erfährt und ausgelöst durch die Formänderung der Hülle (53) das Trägerelement (67) für die Ausnehmungen (32) eine Drehung erfährt.
- 25 10. Linseneinrichtung nach Anspruch 6 und 9 dadurch gekennzeichnet, dass in der hinteren, der Netzhaut zugewandten Kammer (55) den keilförmigen Ausnehmungen jeweils eine bewegliche transparente und geneigte Fläche zugeordnet ist, welche drehbar gelagert durch Drehelemente (49) ausgeführt sind, wobei jeder dieser drehbar geneigten Flächen  
30 ein elastisches Element (50) zugeordnet ist und im Falle des Rückbezugs auf Anspruch 9, bei Aktivierung der, der vorderen Kammer zugeordneten Pump- oder Volumenveränderungsmittel (51, 52) die geneigten Flächen eine Drehung

erfahren, so dass der Brennpunkt auf der Netzhaut verschiebbar ausgeführt ist.

11. Linseneinrichtung nach Anspruch 1 und 10 dadurch gekennzeichnet, dass jede Kammer (54, 55) mit einem transparenten Medium, vorzugsweise fluiden Medium gefüllt ausgeführt ist, dessen Brechungszahl an die der Kammerflüssigkeit und/oder der transparenten, elastischen Hülle (53) und/oder der Wandung (56) angepasst ausgeführt ist.
12. Linseneinrichtung nach Anspruch 9 dadurch gekennzeichnet, dass als Energieversorgungsmittel für die Volumenveränderungs- oder Pump-Mittel implantierte Batterien oder Empfänger und/oder Wandler für die Energiezufuhr von außerhalb des Körpers des Patienten, z.B. durch elektro- und/oder magnetische Felder vorgesehen sind.
13. Linseneinrichtung nach Anspruch 1 bis 12 dadurch gekennzeichnet, dass an Stellen ohne keilförmige Ausnehmungen oder konvexen Linsenteilen oder Segmenten einer Fresnel-Linse, aber auch in Kombination mit diesen, weitere optische Mittel, wie z.B. Linsen zur Nahfeldkorrektur vorgesehen sind, wobei diese -aufgrund der erfindungsgemäß gewonnenen Reduktion der Dicke der Linseneinrichtung- auch im Strahlengang vor oder hinter der erfindungsgemäßen Linseneinrichtung vorgesehen sein können.
14. Linseneinrichtung nach Anspruch 1 bis 13 dadurch gekennzeichnet, dass die Linseneinrichtung mindestens einen UV-Schutz-Film (38) zum Schutz der Netzhaut vor UV-Strahlung aufweist.
15. Linseneinrichtung nach Anspruch 1 bis 14 dadurch gekennzeichnet, dass die Linseneinrichtung zur Verkleinerung des Skleratunnel-Schnittes faltbar oder elastisch ausgeführt ist.
16. Linseneinrichtung nach Anspruch 1 bis 15 dadurch gekennzeichnet, dass die Linseneinrichtung auf einer Seite mehrere keilförmige Ausnehmungen und auf der anderen Seite eine Superposition von sphärischen und nicht-sphärischen



Segmenten einer oder mehrerer Fresnel-Linsen (48) aufweist.

17. Linseneinrichtung nach Anspruch 1 bis 16 dadurch gekennzeichnet, dass die Linseneinrichtung auf einer Seite plan und auf der anderen Seite eine Superposition von keilförmigen Ausnehmungen (32) und sphärischen und nicht-sphärischen Segmenten einer oder mehrerer Fresnel-Linsen (48) aufweist.
18. Linseneinrichtung nach Anspruch 9 bis 16 soweit rückbezogen auf Anspruch 9 dadurch gekennzeichnet, dass die Pump- oder Volumenveränderungsmittel eine Kennlinie aufweisen, die aus der aufgenommenen Pump- oder Volumenänderungsleistung Rückschlüsse auf den Gegendruck erlaubt, gegen den die Pump- oder Volumenänderungsmittel arbeiten, so dass über die Messung der aufgenommenen Leistung eine Bestimmung des Druckes im Inneren des Auges möglich ist.

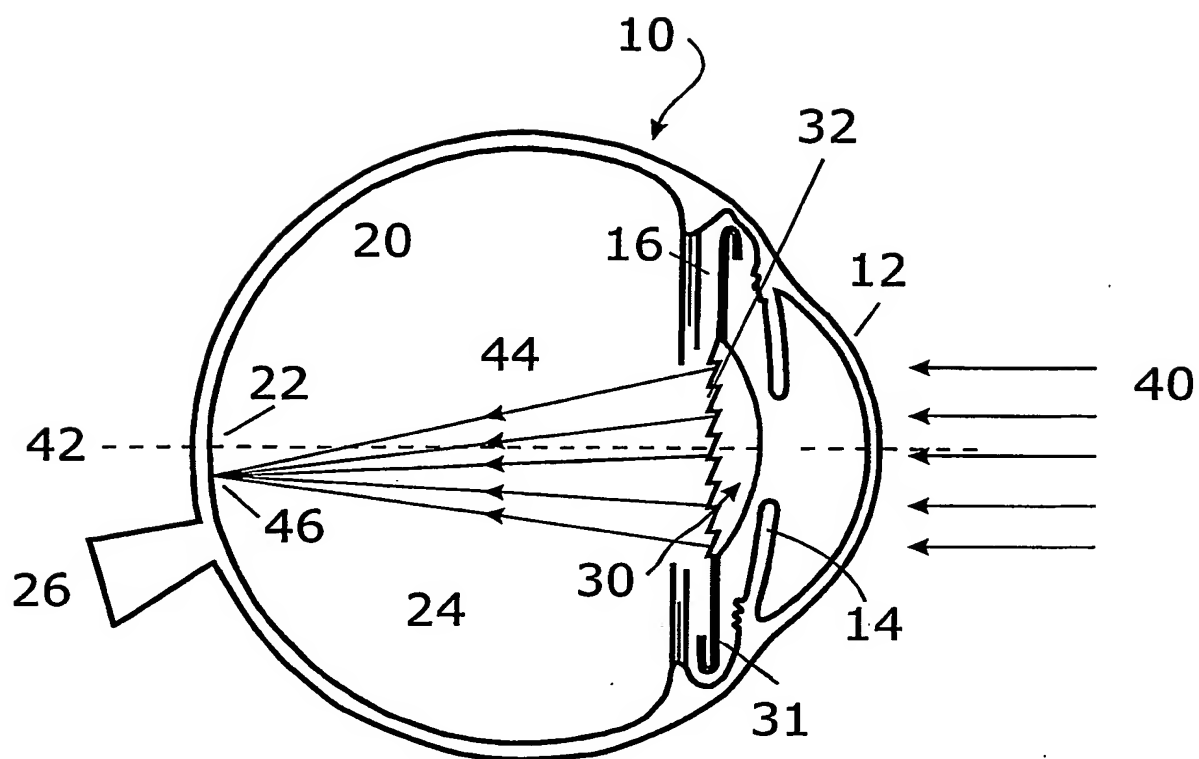


Fig.1

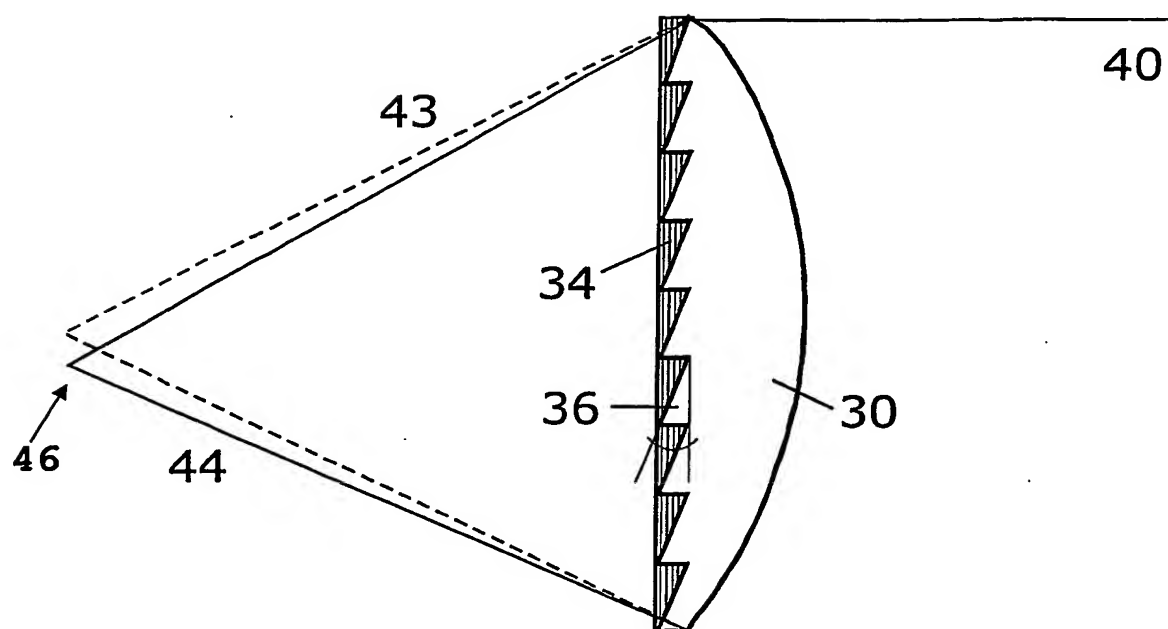


Fig. 2

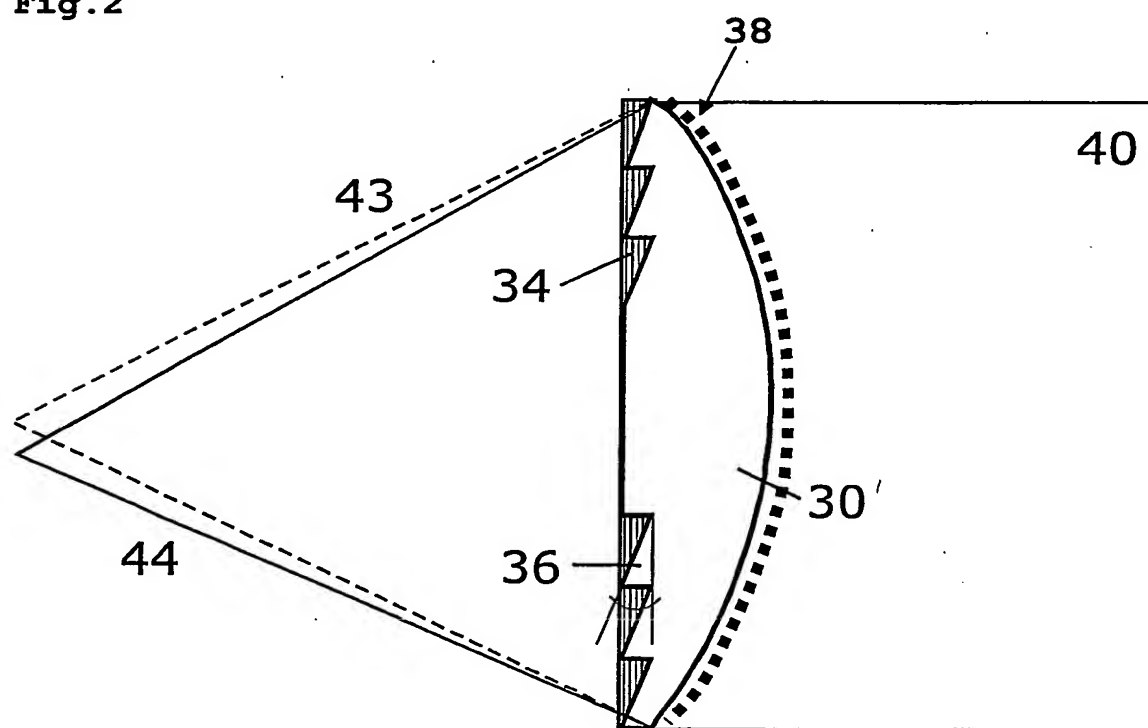
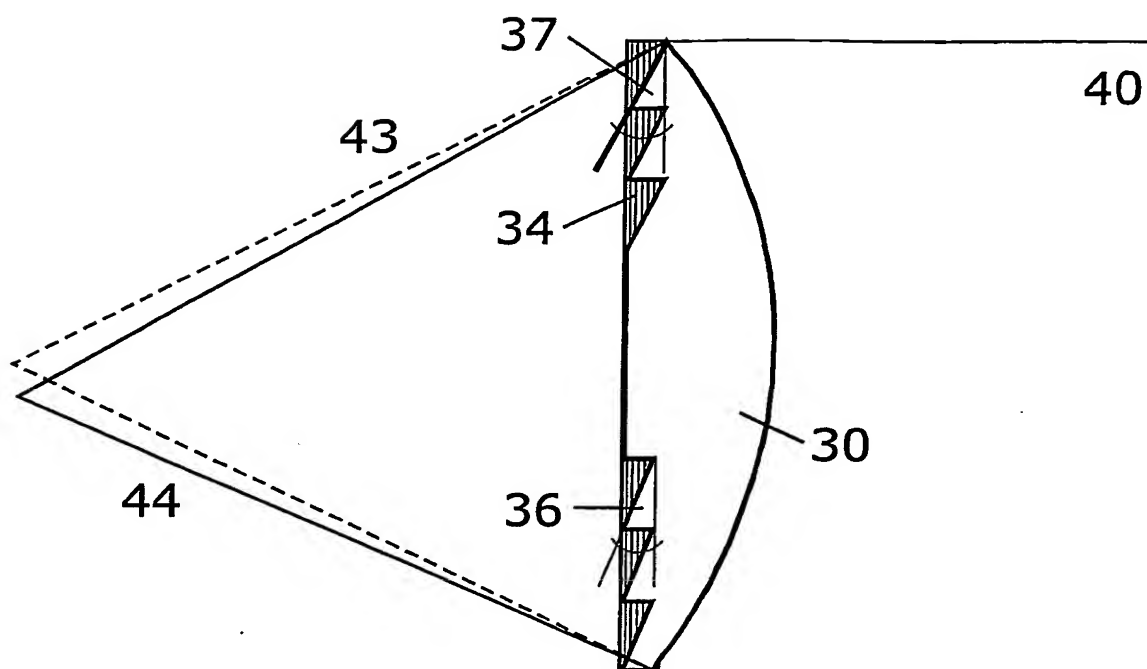
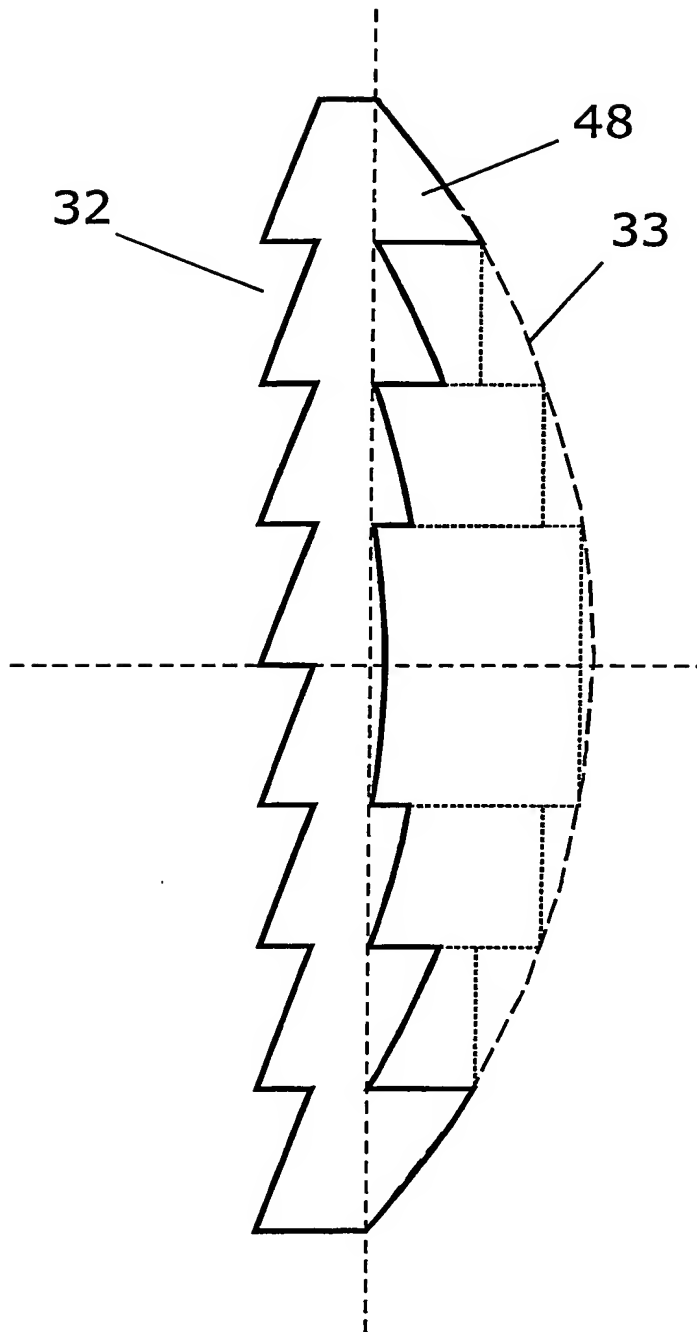


Fig. 3

**Fig. 4**



**Fig. 5**

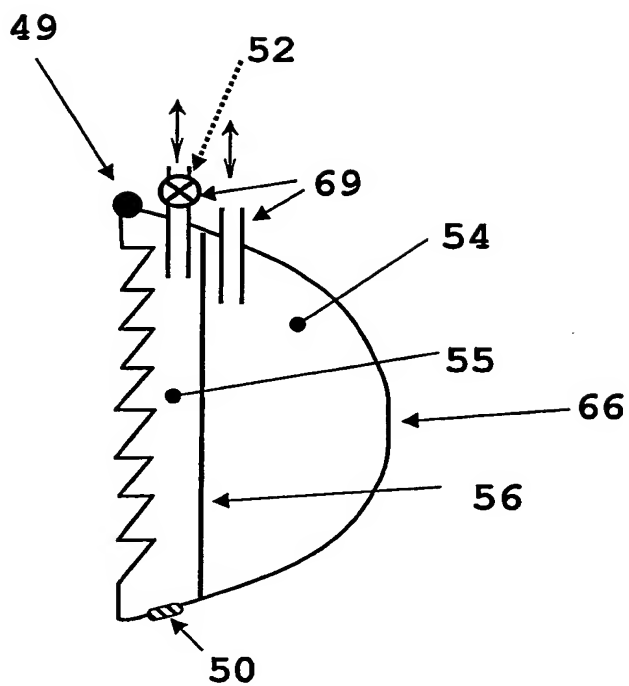


Fig. 6

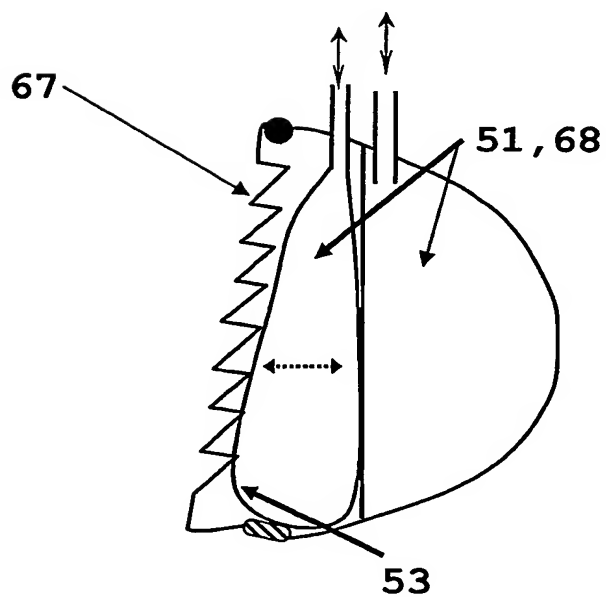


Fig. 7

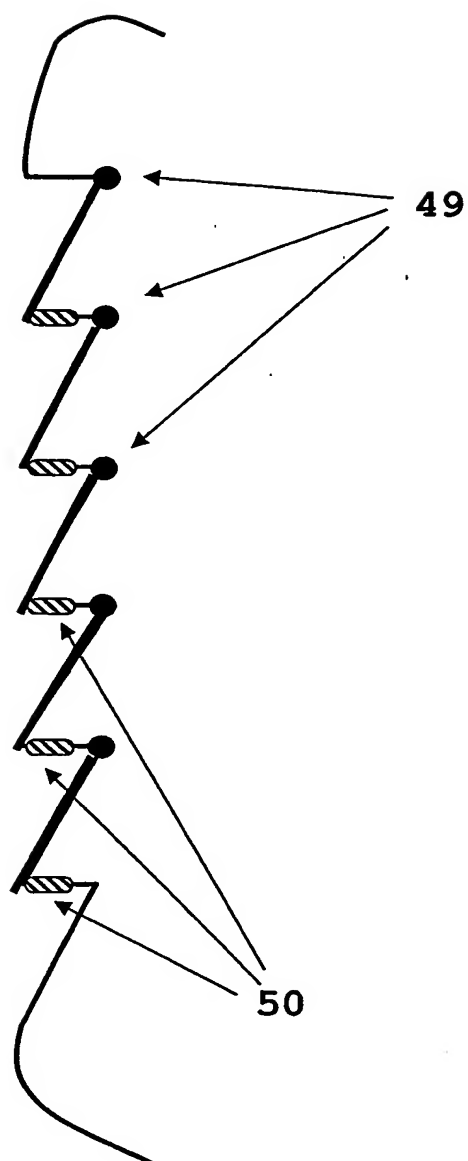


Fig. 8

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/DE2004/002328

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 A61F2/16 G02C7/14

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 A61F G02C G02B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	US 5 712 721 A (LARGE ET AL) 27 January 1998 (1998-01-27) column 2, line 44 - column 2, line 63  column 3, line 38 - column 4, line 19 column 5, line 14 - column 5, line 17 column 5, line 66 - column 5, line 67; claims 1,3,4; figures 3,4	1-3  4-6, 11-13
X	US 5 089 023 A (SWANSON ET AL) 18 February 1992 (1992-02-18) column 2, line 66 - column 3, line 9 column 6, line 66 - column 7, line 5; claims 1,2; figure 5  ----- -/--	1-3

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*A\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

25 February 2005

Date of mailing of the international search report

16/03/2005

Name and mailing address of the ISA  
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Merté, B



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/DE2004/002328

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 98/05272 A (PRISM OPHTHALMICS; GUPTA, AMITAVA; BLUM, RONALD, D) 12 February 1998 (1998-02-12)	1
A	page 17, line 33 - page 18, line 3; claims 1,14; figures 3,5,6,9	7,8,14
A	US 5 203 788 A (WILEY ET AL) 20 April 1993 (1993-04-20) column 1, line 6 - column 1, line 10 column 5, line 36 - column 6, line 10 column 7, line 48 - column 8, line 68; claims 1,4; figures 6,12	1,6,8,9, 12
A	US 4 828 558 A (KELMAN ET AL) 9 May 1989 (1989-05-09) abstract; claims 1,4,7; figures 1,2,3.6	1,2,15
A	US 5 489 302 A (SKOTTUN ET AL) 6 February 1996 (1996-02-06) column 8, line 66 - column 9, line 16; figures 5,16,17	6,9,11
A	US 4 581 031 A (KOZIOL ET AL) 8 April 1986 (1986-04-08) cited in the application abstract; figure 2	1

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE2004/002328

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5712721	A	27-01-1998	AU 6434594 A CA 2159076 A1 DE 69421394 D1 DE 69421394 T2 EP 0693188 A1 EP 0918248 A2 ES 2139739 T3 WO 9423334 A1 JP 8508826 T	24-10-1994 13-10-1994 02-12-1999 10-02-2000 24-01-1996 26-05-1999 16-02-2000 13-10-1994 17-09-1996
US 5089023	A	18-02-1992	WO 9302638 A1	18-02-1993
WO 9805272	A	12-02-1998	US 5728156 A AU 1292797 A EP 0927007 A1 WO 9805272 A1	17-03-1998 25-02-1998 07-07-1999 12-02-1998
US 5203788	A	20-04-1993	CA 2067247 A1 CN 1064611 A EP 0500922 A1 JP 5502185 T WO 9203989 A1	05-03-1992 23-09-1992 02-09-1992 22-04-1993 19-03-1992
US 4828558	A	09-05-1989	NONE	
US 5489302	A	06-02-1996	NONE	
US 4581031	A	08-04-1986	NONE	

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2004/002328

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 A61F2/16 G02C7/14

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 A61F G02C G02B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 712 721 A (LARGE ET AL) 27. Januar 1998 (1998-01-27)	1-3
A	Spalte 2, Zeile 44 - Spalte 2, Zeile 63  Spalte 3, Zeile 38 - Spalte 4, Zeile 19 Spalte 5, Zeile 14 - Spalte 5, Zeile 17 Spalte 5, Zeile 66 - Spalte 5, Zeile 67; Ansprüche 1,3,4; Abbildungen 3,4	4-6, 11-13
X	US 5 089 023 A (SWANSON ET AL) 18. Februar 1992 (1992-02-18) Spalte 2, Zeile 66 - Spalte 3, Zeile 9 Spalte 6, Zeile 66 - Spalte 7, Zeile 5; Ansprüche 1,2; Abbildung 5	1-3
	-/--	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

25. Februar 2005

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

16/03/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Merté, B

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/DE2004/002328

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 98/05272 A (PRISM OPHTHALMICS; GUPTA, AMITAVA; BLUM, RONALD, D) 12. Februar 1998 (1998-02-12)	1
A	Seite 17, Zeile 33 – Seite 18, Zeile 3; Ansprüche 1,14; Abbildungen 3,5,6,9	7,8,14
A	US 5 203 788 A (WILEY ET AL) 20. April 1993 (1993-04-20) Spalte 1, Zeile 6 – Spalte 1, Zeile 10 Spalte 5, Zeile 36 – Spalte 6, Zeile 10 Spalte 7, Zeile 48 – Spalte 8, Zeile 68; Ansprüche 1,4; Abbildungen 6,12	1,6,8,9, 12
A	US 4 828 558 A (KELMAN ET AL) 9. Mai 1989 (1989-05-09) Zusammenfassung; Ansprüche 1,4,7; Abbildungen 1,2,3,6	1,2,15
A	US 5 489 302 A (SKOTTUN ET AL) 6. Februar 1996 (1996-02-06) Spalte 8, Zeile 66 – Spalte 9, Zeile 16; Abbildungen 5,16,17	6,9,11
A	US 4 581 031 A (KOZIOL ET AL) 8. April 1986 (1986-04-08) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung; Abbildung 2	1

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2004/002328

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5712721	A	27-01-1998	AU 6434594 A	24-10-1994
			CA 2159076 A1	13-10-1994
			DE 69421394 D1	02-12-1999
			DE 69421394 T2	10-02-2000
			EP 0693188 A1	24-01-1996
			EP 0918248 A2	26-05-1999
			ES 2139739 T3	16-02-2000
			WO 9423334 A1	13-10-1994
			JP 8508826 T	17-09-1996
US 5089023	A	18-02-1992	WO 9302638 A1	18-02-1993
WO 9805272	A	12-02-1998	US 5728156 A	17-03-1998
			AU 1292797 A	25-02-1998
			EP 0927007 A1	07-07-1999
			WO 9805272 A1	12-02-1998
US 5203788	A	20-04-1993	CA 2067247 A1	05-03-1992
			CN 1064611 A	23-09-1992
			EP 0500922 A1	02-09-1992
			JP 5502185 T	22-04-1993
			WO 9203989 A1	19-03-1992
US 4828558	A	09-05-1989	KEINE	
US 5489302	A	06-02-1996	KEINE	
US 4581031	A	08-04-1986	KEINE	